Résumés de cours de Physique-Chimie
Terminale S

P.-M. Chaurand
Lycée de Chamalières

Année scolaire 2013-2014

Table des matières

Chapitre 1

Ondes et particules

Rayonnement Ce terme général va qualifier l'émission de particules, qu'il s'agisse de photons (constituants en particulier la lumière visible, mais aussi les ondes électromagnétiques), de neutrinos (particules de masse très faible et qui interagissent très faiblement avec la matière) ou de matière « ordinaire » (en particulier, des protons et des électrons).

Cosmique On nomme rayonnement cosmique primaire le flux de particules en provenance de l'espace, rencontrant les couches hautes de l'atmosphère. Ces particules ont pour source principale le Soleil, et hors les photons non chargés et les neutrinos de masse très faible, on distingue principalement des protons et des électrons.

Atmosphère En interagissant avec les atomes et molécules de l'atmosphère, ces protons ou électrons du rayonnement cosmique primaire créent des réactions nucléaires à l'origine de gerbes de particules. Parmi toutes les particules émises, des muons, semblables à des électrons, mais avec une masse plus élevée, atteignent le sol.

Fenêtres de transparence Tous les photons en provenance du Soleil (et éventuellement d'autres astres) ne se retrouvent pas au niveau du sol. Certains sont arrêtés par l'atmosphère. On parle de fenêtre de transparence pour qualifier les bandes de fréquence pour lesquelles les ondes électromagnétiques traversent l'atmosphère, essentiellement dans le domaine radio et une (petite !) bande dans le domaine visible.

Protection L'opacité de l'atmosphère nous protège d'une partie des photons gamma, X et UV. Le champ magnétique terrestre nous protège des particules chargées, principalement protons et électrons, dont une partie plonge aux pôles en émettant à l'occasion de magnifiques aurores boréales.

Sources Le Soleil est la source principale de rayonnements radio, UV, visible ou infrarouge.

Une ampoule à filament ou à incandescence est une source d'infrarouge et de visible. Les diodes laser utilisées dans les lecteurs de CD sont des émetteurs d'infrarouge (les diodes laser des lecteurs de DVD et de Blu ray sont dans d'autres longueurs d'ondes).

Les tubes fluorescents ou « néons » émettent des UV par excitation du gaz placé entre les deux électrodes, UV absorbés par la couche opaque qui recouvre le verre du tube et qui réémet de la lumière visible dans plusieurs bandes de fréquence.

Onde Une onde correspond au déplacement d'une perturbation, contenant de l'énergie, sans déplacement net de matière.

Onde mécanique Une onde mécanique se propage dans un milieu matériel ; la perturbation associée à l'onde fait intervenir un mouvement local de la matière. La matière revient à sa position d'origine dès que l'onde s'est propagée. Le son, les séismes, la houle sont des exemples d'ondes mécaniques.

Transversale Une onde est dite transversale quand la direction de la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation. Exemples : houle, ondes sismiques.

Longitudinale Une onde est dite longitudinale quand la direction de la perturbation est parallèle à la direction de propagation. Exemples : son, ondes sismiques (on distingue les ondes sismiques longitudinales des transversales).

Puissance La puissance $\mathscr{P}$ en watt (W) est égale à l'énergie E en joule (J) consommée ou dissipée par unité de temps, c'est-à-dire pendant la durée Δt en seconde (s) :

$$\mathscr{P} = \frac{E}{\Delta t}$$

Intensité L'intensité I en watt par mètre carré ($W \cdot m^{-2}$) d'une onde est égale à la puissance véhiculée $\mathscr{P}$ par unité de surface S en mètre carré (m^2) :

$$I = \frac{\mathscr{P}}{S}$$

Niveau Le niveau (ou *level* en anglais), noté L, exprimé en décibel (symbole dB), est relié à l'intensité I par :

$$L = 10 \cdot \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

I_0 est l'intensité de référence, dont la valeur sera toujours donnée (en général, c'est l'intensité minimale que le détecteur d'ondes peut mesurer).

Détecteurs d'ondes On procède par exemple :

- l'œil est un détecteur d'ondes électromagnétiques visibles, dans ce qui est appelé le domaine du visible (longueur d'onde entre 380 et 760 nm) ;
- les photodiodes sont en général (trop) sensibles à l'IR proche, en sus du visible ;
- l'oreille est un détecteur d'ondes sonores, dans ce qui est appelé le domaine de l'audible (de 20 Hz à 20 kHz) ;

- un microphone est un détecteur d'ondes sonores, la surpression ou le déplacement des molécules est converti en tension électrique ;
- un sismomètre a pour but de détecter les ondes sismiques...

Détecteurs de particules On procède par exemple :

- une plaque photographique « argentique » est un excellent détecteur de photons et de particules ionisantes ;
- un compteur Geiger permet aussi de détecter le passage d'une particule ionisante (électron, proton, particule alpha ou noyau d'hélium, muon...) ;
- le cosmodétecteur du CPPM de Marseille, avec ses raquettes de matériau scintillant, permet aussi de détecter les particules ionisantes ;
- les scintillateurs, les chambres à fils ou trajectomètres, les calorimètres ou absorbeurs d'un accélérateur de particules comme celui du LHC au CERN (Génève) permettent une identification des particules produites lors des chocs.

Chapitre 2

Caractéristiques des ondes

Célérité La célérité v d'une onde, en mètre par seconde ($\mathrm{m \cdot s^{-1}}$), est donnée par (notations évidentes) :

$$v = \frac{d}{t}$$

Onde progressive Une onde progressive correspond au déplacement d'une perturbation sans déformation. La perturbation d'un point du milieu à l'instant t est identique à celle de la source au temps $t' = t - \tau$, τ étant le retard du point par rapport à la source (définition valable aussi entre deux points quelconques).

Espace & temps sont alors liés, puisque l'on retrouve la même forme d'onde plus loin, un peu plus tard, une fois qu'elle a « progressé ».

Latis Pro Vous devez être aptes à mener des mesures de distances, de vitesses et de retards, sur des chronophotographies ou sur des enregistrements, éventuellement avec l'aide d'un logiciel (comme Latis Pro au lycée).

Oscilloscope Vous devez être capable de mesurer le retard d'un clap sonore ou d'une salve d'ultrasons à l'aide d'un oscilloscope. Notez bien que deux montages sont possibles, suivant que l'on dispose d'un ou de deux récepteurs.

Onde progressive périodique Une onde progressive périodique a toutes les caractéristiques de l'onde progressive, avec en plus un caractère périodique.

Il faut savoir reconnaître une telle onde (mettre en évidence la répétition d'un motif élémentaire), et savoir mesurer sa période T (qui est la durée d'émission d'un motif élémentaire) le plus précisément possible (typiquement, sur plusieurs périodes).

Période temporelle Chaque point du milieu subit la même perturbation à intervalles de temps égaux à T.

Période spatiale La même perturbation se reproduit identique à elle-même dans la direction de propagation. La plus petite distance entre motifs identiques consécutifs est la période spatiale. Il est encore plus correct de dire que la longueur d'onde est la plus petite distance entre deux points en phase.

Cas des ondes sinusoïdales Une onde progressive périodique est dite sinusoïdale si l'évolution périodique de la source peut être associée à une fonction sinusoïdale.

Longueur d'onde La période spatiale est appelée longueur d'onde et notée λ, en mètre (m). Le lien entre période spatiale λ et période temporelle T en seconde (s) fait intervenir la célérité v de l'onde :

$$\lambda = v\mathrm{T} \quad \text{ou} \quad \lambda = \frac{v}{f}$$

Réfraction La réfraction d'une onde est le changement de sa direction de propagation lors du changement de milieu. Loi de Descartes :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

Ce phénomène s'explique par la différence de célérité de l'onde en fonction du milieu.

Dispersion Le milieu est dispersif si la célérité des ondes dépend de leur fréquence.

Un bon exemple est le verre ou l'eau, faiblement dispersifs pour la lumière visible, ce qui explique la dispersion par un prisme ou par des gouttes d'eau (spectre de la lumière blanche ou « arc-en-ciel »).

Un bon contre-exemple est le son dans l'air, donc la propagation est très agréablement non dispersive (sons aigus et sons grave ont même célérité).

Analyse spectrale Consiste à décomposer un signal en une somme de sinus, par un procédé appelé « transformé de Fourier » (TFT en abrégé). On obtient un

spectre : en abscisse (axe horizontal), la fréquence, en ordonnée (axe vertical), l'amplitude, permettant de juger d'un coup d'œil de l'importance de telle ou telle fréquence dans l'onde totale.

Ceci permet de remonter aux fréquences de résonance de la source de l'onde.

Perception sonore Un son est caractérisé par trois perceptions : hauteur, timbre et intensité. Chaque perception physiologique correspond à une mesure physique :

— la hauteur correspond à la fréquence du fondamental du son ;
— le timbre correspond aux amplitudes relatives des harmoniques dans le spectre ;
— l'intensité correspond à l'amplitude de la vibration sonore reçue.

Transitoires Les transitoires d'attaque et d'extinction sont importantes quant à la perception finale donnée par un son.

Reconnaître Timbre & transitoires d'un son dépendent fortement de l'instrument utilisé pour produire le son. Ainsi le timbre permet de reconnaître l'instrument.

Bruit ou note Un spectre permet de faire la différence entre :

— un bruit « blanc » : aucune fréquence ne ressort plus qu'une autre ;
— une note (des pics multiples dont les fréquences f_n sont multiples entier d'une fréquence fondamentale f_1, tel que :

$$f_n = nf_1$$

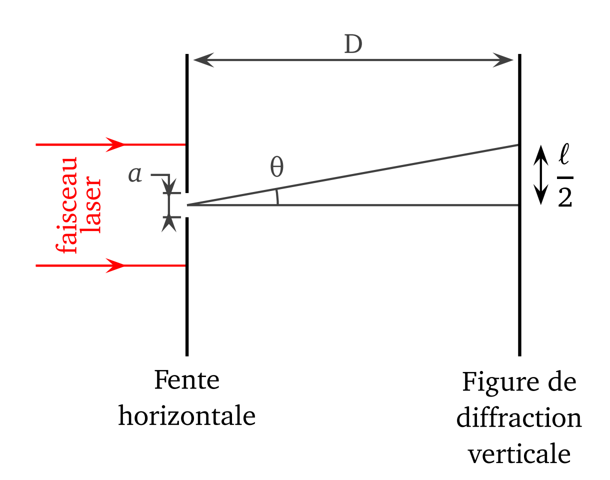
Chapitre 3

Propriétés des ondes

Diffraction La diffraction est l'étalement des directions de propagation de l'onde lors de sa rencontre avec un obstacle ou une ouverture. Cet étalement est d'autant plus marqué que les dimensions de l'obstacle ou de l'ouverture sont proches de la longueur d'onde (le signe $\sim$ signifiant « du même ordre de grandeur ») :

$$d \sim \lambda$$

Description de la lumière Le phénomène de diffraction de la lumière prouve qu'elle peut être décrite comme une onde. La notion de dualité onde-corpuscule sera abordée plus tard.

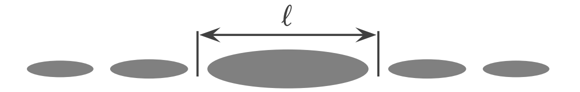


Ouverture du faisceau diffracté Le demi-diamètre apparent — ou demi-ouverture angulaire θ d'un faisceau de lumière de longueur d'onde λ, diffracté par une fente ou un fil de dimension a, est donnée par la relation :

$$\theta = \frac{\lambda}{a}$$

où θ est un angle exprimé en radians (rad), λ et a étant des longueurs en mètres (m).

Figure de diffraction La figure de diffraction obtenue est la suivante (une tache centrale de diffraction et des taches latérales) :



La largeur ℓ de la tâche centrale de diffraction est mesurée au niveau des points de lumière nulle (extinction), pas au niveau des limites apparentes de la tâche, qui dépendent des conditions d'éclairage ! Cette largeur ℓ est double des interfranges des tâches latérales.

La largeur ℓ de la tâche est d'autant plus grande que la largeur a de l'obstacle ou de la fente est petite, et que la longueur d'onde λ de la lumière est grande.

Conditions La diffraction est toujours présente ; néanmoins, afin que le phénomène soit bien visible, on est amené à utiliser deux ou trois petites astuces expérimentales (comme augmenter la distance D pour que la tâche de diffraction soit plus grosses). Vous devez savoir identifier les situations physiques

où il est pertinent de prendre en compte le phénomène de diffraction !

Lumière monochromatique Une lumière monochromatique est une onde électromagnétique de fréquence unique (notée ν, lettre grecque « nu », notation équivalente à f mais en plus snob).

Lumière polychromatique Une lumière polychromatique est un ensemble d'ondes électromagnétiques de fréquences différentes.

Spectre visible Le spectre visible correspond à des ondes électromagnétiques de longueurs d'onde dans le vide comprises entre 400 nm (violet) et 800 nm (rouge) environ. En dessous de 400 nm, on parle d'ultraviolets ; infrarouges au-dessus de 800 nm.

Propagation de la lumière La lumière est une onde électromagnétique, qui n'a pas besoin d'un milieu matériel pour se propager. La propagation est donc possible autant dans le vide que dans les milieux transparents.

Longueur d'onde dans le vide La longueur d'onde λ_0 de la lumière dans le vide est liée à la fréquence ν et à la célérité c dans le vide, par la relation :

$$\lambda_0 = \frac{c}{\nu}$$

Longueur d'onde dans un milieu Dans un milieu où la célérité de la lumière est v, la longueur d'onde d'une onde lumineuse de fréquence ν vaut :

$$\lambda = \frac{v}{\nu}$$

Caractéristiques d'une onde La fréquence et la période d'une radiation monochromatique sont des caractéristiques constantes de l'onde ; elles ne changent pas lors du passage d'un milieu transparent à un autre. En revanche, célérité et longueur d'onde dépendent du milieu.

Milieux dispersifs Les milieux transparents sont plus ou moins dispersifs pour les ondes électromagnétiques ; la vitesse ou célérité de l'onde dépend alors de la fréquence de celle-ci.

Indice d'un milieu L'indice n d'un milieu transparent s'exprime comme le rapport de la célérité de la lumière dans le vide c, par cette célérité v dans le milieu considéré :

$$n = \frac{c}{v} \quad \text{et} \quad n \geqslant 1 \text{ puisque } v \leqslant c$$

Longueurs d'onde Pour une même radiation monochromatique de fréquence ν, on a la relation :

$$\lambda_0 = \frac{c}{\nu} \quad \text{et} \quad \lambda = \frac{v}{\nu} \quad \Rightarrow \quad n = \frac{\lambda_0}{\lambda}$$

$$\Leftrightarrow \quad \lambda_0 = n\lambda$$

Superposition Dès lors que le milieu considéré est linéaire, ce qui est le cas pour la lumière ou le son jusqu'à des intensités dantesques, deux ondes au même point s'additionnent algébriquement.

Interférences Puisque l'addition est algébrique, deux ondes peuvent se renforcer (interférences constructives) en certains points et s'annuler (interférences destructives) en d'autres points.

On peut avoir en particulier lumière + lumière = ombre, dans le cas des ondes lumineuses. Ceci est parfaitement clair et ne doit pas être considéré comme un point obscur.

Conditions Les interférences ont toujours lieu ; néanmoins, afin que le phénomène soit bien visible, on est amené à utiliser deux ou trois petites astuces expérimentales (comme augmenter la distance D pour que les franges soient plus larges). Vous devez savoir identifier les situations physiques où il est pertinent de prendre en compte les interférences !

Plus précisément, les deux ondes qui interfèrent doivent être de même fréquences. Pour les ondes lumineuses, comme elles sont formées de trains d'ondes de durée limitée et décorrélés entre eux, les deux ondes doivent aussi avoir un déphasage constant entre eux.

Chemin optique Noté δ, c'est le trajet parcouru par la lumière, donc une longueur, éventuellement multipliée par l'indice $n = c/v$ du milieu.

Constructives Les interférences sont constructives si les deux ondes qui interfèrent ont parcouru un chemin multiple de leur longueur d'onde :

$$\delta = k \cdot \lambda$$

Destructives Les interférences sont destructives si les deux ondes qui interfèrent ont parcouru un chemin demi-multiple de leur longueur d'onde :

$$\delta = \left(k + \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda$$

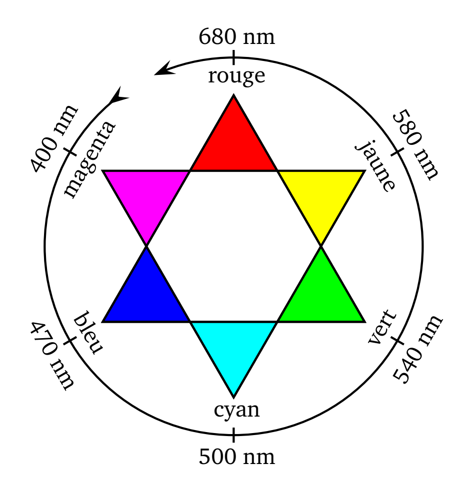
Effet Doppler Si la source et le récepteur sont en mouvement relatif l'un par rapport à l'autre, la fréquence perçue par le récepteur sera plus faible si le récepteur s'éloigne de la source, et plus élevée si le récepteur s'en approche. Vous devez savoir mesurer une vitesse par effet Doppler.

Redshift L'Univers est en expansion. Les astres les plus lointains sont ceux dont le mouvement relatif est le plus rapide (ce sont aussi les plus anciens, puisque voir loin, c'est voir dans le passé). Le décalage des raies spectrales porte le nom de « redshift » et permet donc de trouver la distance et la vitesse de l'astre observé.

Chapitre 4

Analyse spectrale

Couleur d'une solution Une solution est colorée si elle absorbe une partie des radiations de la lumière blanche. La couleur observée est la couleur complémentaire de la couleur absorbée.



Le spectrophotomètre Il est basé sur l'absorption de la lumière par une solution transparente contenant des espèces colorées (ou tout au moins absorbant dans l'UV ou dans l'IR). Il permet de mesurer une grandeur A appelée absorbance, positive, qui peut être supérieure à un ($A = 0$ pour une absorbance nulle, $A = 1$ si $1/10^{\text{ème}}$ de la lumière traverse, $A = 2$ pour $1/100^{\text{ème}}$, $A = 3$ pour $1/1000^{\text{ème}}$, etc.

Loi de Beer-Lambert À une longueur d'onde λ donnée, la relation entre l'absorbance A d'une solution et sa concentration c en espèce colorée est donnée par :

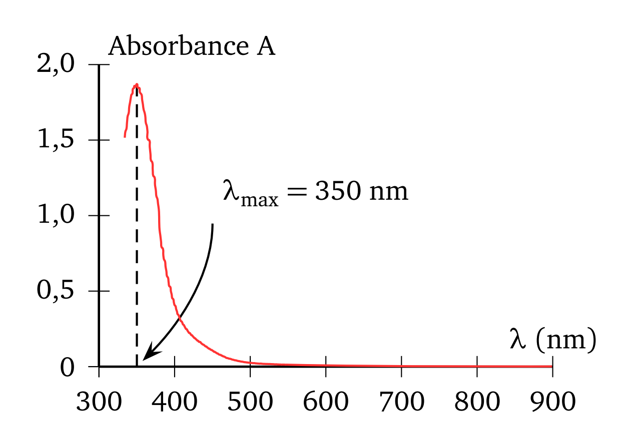
$$A = \varepsilon \cdot \ell \cdot c$$

où ε est le coefficient d'extinction molaire, typique de chaque espèce colorée, et ℓ est la longueur de solution traversée par le faisceau lumineux. On a ainsi, dans l'hypothèse de concentrations faibles, proportionnalité entre l'absorbance A et la concentration c en espèce colorée :

$$A = k \cdot c$$

Spectre Le graphique représentant l'absorbance A en fonction de la longueur d'onde λ est appelé spectre de la solution. Par exemple voici le spectre d'une solution de diiode $I_{2\,(aq)}$, colorée en brun-jaune.

On constate que cette solution absorbe dans l'ultraviolet, le violet et le bleu, avec un maximum d'absorption à $\lambda_{max} = 350$ nm. L'étoile des couleurs complémentaires que je propose pour l'instant est assez approximative, car on devrait retrouver la couleur jaune-brun de la solution.

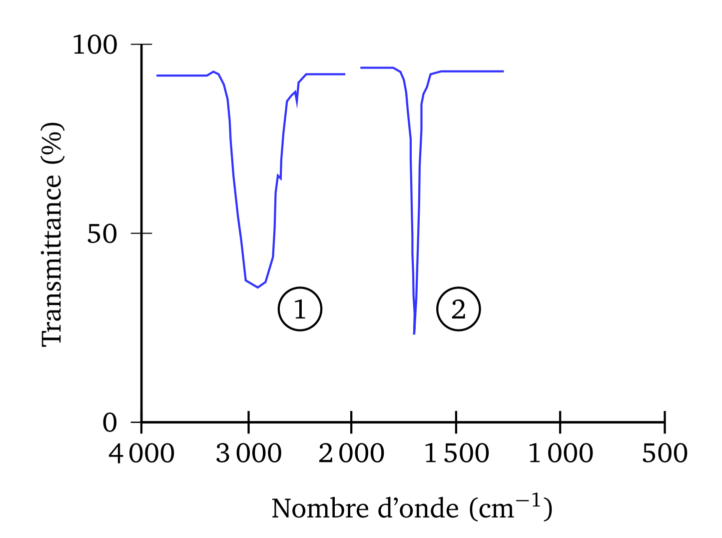


Spectroscopie IR En raison de vibrations de résonance des liaisons des molécules, ces dernières absorbent de l'énergie dans différentes bandes de fréquences en lumière IR, bandes qui sont par conséquent caractéristiques de la présence de tel ou tel type de liaison.

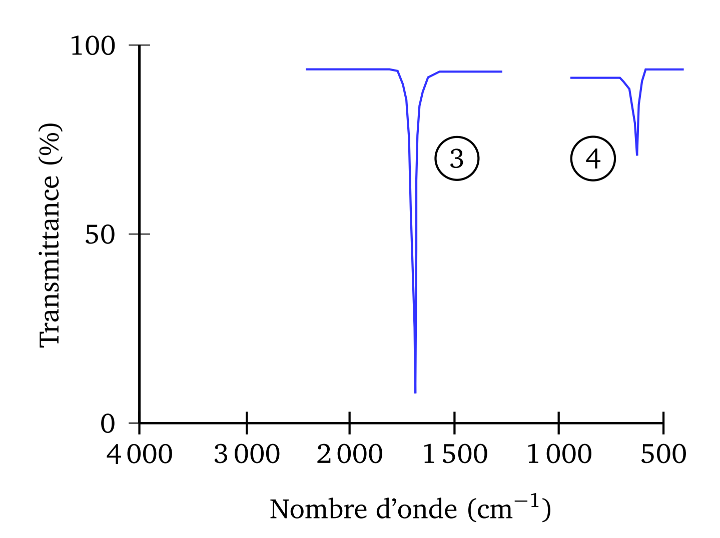
Le spectre IR a ceci de différent par rapport au spectre en absorbance, qu'il utilise le nombre d'onde σ en abscisse :

$$\sigma = \frac{1}{\lambda}$$

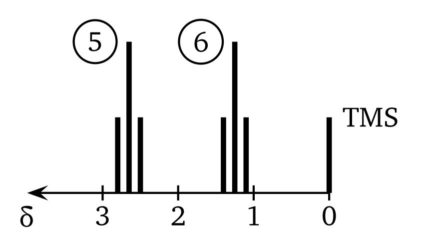
souvent exprimé en inverse du centimètre (cm^{-1}), et la transmittance en ordonnée, en pourcentage. Voici quelques extraits de spectre qui illustrent les formes de raies rencontrées en général :



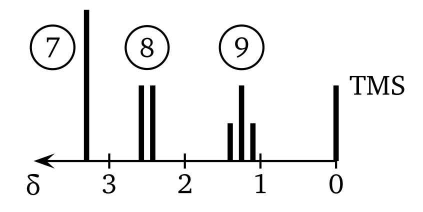
En bref, il suffit de repérer la position des bandes d'absorption, si elles sont larges ① ou fines ②, si elles sont intenses ③ ou faibles ④, et d'aller comparer avec un tableau.



Spectroscopie RMN Le noyau d'un atome d'hydrogène est formé d'un seul proton. Ce dernier présente un *spin* qui peut interagir avec un champ magnétique extérieur. Ce spin peut même se coupler avec celui d'autres protons voisins dans la molécule (c'est la fête). On observe des pics dont la position (le déplacement chimique δ) dépend directement de l'environnement électronique entourant les protons (figure : déplacement chimique du spectre ⑤ plus fort que celui du spectre ⑥).



En bref, il suffit de repérer la position des pics, noter leur multiplicité éventuelle (directement liée au nombre de protons voisins avec lesquels ils peuvent se coupler), noter l'aire ou intégrale (proportionnelle au nombre de protons de même environnement électronique), et d'aller comparer avec un tableau (figure : ⑦ singulet, ⑧ duet, ⑨ triplet).



En particulier, si on observe $n+1$ pics, c'est que le(s) proton(s) considéré(s) est (sont) couplé(s) à n autre(s) proton(s) (règle dite « des n+1-uplets »).

Chapitre 5

Échange de proton

Brönsted Un acide « au sens de Brönsted » est une espèce capable de céder un proton H^+. Inversement une base est une espèce capable de capter un proton.

Le pH et sa mesure Le pH est lié à la concentration des ions oxonium H_3O^+ par :

$$\mathrm{pH} = -\log\,[H_3O^+]$$

Solution d'acide chlorhydrique Dans une telle solution, on a vu en TP que : $[H_3O^+] = c$, l'acide est dit *fort* car totalement dissocié.

Solution d'acide éthanoïque Dans une telle solution, on a vu en TP que $[H_3O^+] < c$, l'acide est dit *faible* car partiellement dissocié.

La transformation entre l'acide éthanoïque et l'eau n'est pas totale, elle conduit à un équilibre :

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftarrows CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

Équilibre chimique Une transformation non totale et réversible donne lieu à un équilibre chimique, c'est-à-dire une situation dans laquelle les réactifs et les produits coexistent à des concentrations fixes, constantes.

On utilise une double flèche ($\rightleftarrows$) pour indiquer l'existence d'un équilibre dans une équation-bilan. La simple flèche ($\longrightarrow$) est une réaction totale, la flèche inverse ($\longleftarrow$) est une réaction totale, mais écrite dans l'autre sens.

Équilibre dynamique À l'état d'équilibre, il y a constamment des réactifs qui se transforment en produits (sens $\xrightarrow{1}$) et inversement des produits qui se transforment en réactifs (sens $\xleftarrow{2}$).

Les vitesses de ces deux transformations étant *égales*, les concentrations respectives des réactifs et des produits restent constantes et fixes.

Taux d'avancement Le taux d'avancement τ d'une réaction est le quotient de l'avancement final par l'avancement maximal :

$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}}$$

Pour une réaction totale, $x_f = x\,\max$ et $\tau = 1$ ou

100 %. Sinon $x_f < x\,\text{max}$ et $\tau < 1$.

Concentration molaire La concentration molaire c, en mole par litre ($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$), est égale à la quantité de matière n en mole (mol) divisée par le volume V en litre (L) :

$$c = \frac{n}{V}$$

Concentration massique La concentration massique t, en gramme par litre ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), est égale à la masse m en mole (mol) divisée par le volume V en litre (L) :

$$t = \frac{m}{V}$$

Et du coup :

$$n = \frac{m}{M} \quad \Rightarrow \quad c = \frac{t}{M}$$

Conductance La conductance G en siemens (S) d'une solution est proportionnelle à la conductivité σ en siemens par mètre ($\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$) :

$$G = k \cdot \sigma \quad \text{avec} \quad k = \frac{S}{\ell}$$

Conductivité La conductivité σ d'une solution électrolytique est liée aux concentrations molaires C_i des ions par la relation :

$$\sigma = \sum_i |z_i|\,\lambda_i C_i$$

où les λ_i sont les conductivités molaires partielles des ions, et z_i la charge de chaque ion ($|z_i| = 1$ voir 2, exceptionnellement 3 — bien prendre la valeur absolue, pour ne pas compter négativement la contribution des anions...).

Seuls les ions participent à la conductivité dans une solution.

Unités La conductivité σ s'exprime en siemens par mètre ($\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$), λ_i en siemens mètre carré, par mole ($\text{S}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}$), C_i en mole par mètres cube ($\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$) — des conversions entre les $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et les $\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$ sont souvent nécessaires.

Autoprotolyse L'eau est partiellement ionisée selon l'équation :

$$2\,H_2O_{(\ell)} \rightleftarrows H_3O^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

appelée autoprotolyse de l'eau. Cet équilibre est caractérisé par une constante d'équilibre appelée produit ionique de l'eau, et notée K_e, telle que :

$$K_e = [H_3O^+][OH^-]$$

À 25°C, $K_e = 1{,}0 \times 10^{-14}$.

Notation p On note :

$$pK_e = -\log K_e \quad \text{et} \quad pK_A = -\log K_A$$

À 25°C, $pK_e = 14{,}0$. Donc à cette température particulière, pH < 7 pour un milieu acide, pH = 7 pour un milieu neutre, pH > 7 pour un milieu basique.

Calcul du pH À partir de la concentration en ions oxonium :

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

À partir de la concentration en ions hydroxyde :

$$pH = pK_e + \log[OH^-]$$

Vous devez savoir démontrer cette formule à partir des précédentes — il s'agit d'une interdiction de l'apprendre par cœur !

Échelle d'acido-basicité Une solution est :
- acide si $[H_3O^+] > [OH^-]$;
- basique si $[H_3O^+] < [OH^-]$;
- neutre si $[H_3O^+] = [OH^-]$.

Repérer l'acidité ou la basicité par rapport à $pH = pK_e/2 = 7$ est valable uniquement exactement à 25°C, où $pK_e = 14{,}0$.

Acide sur l'eau L'équation de la réaction d'un acide AH sur l'eau s'écrit, A^- étant la base conjuguée :

$$AH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftarrows A^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

La constante d'équilibre de cette équation est notée K_A et est appelée constante d'acidité :

$$K_A = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[AH]}$$

Relation Vous devez savoir démontrer la relation :

$$pH = pK_A + \log\frac{[A^-]}{[AH]}$$

Domaines de prédominance Vous devez être capable, connaissant le pH d'une solution aqueuse et le pK_Adu couple acide/base, d'indiquer l'espèce prédominante :
- Si $pH < pK_A - 1 \quad \Rightarrow \quad$ AH prédomine ;
- Si $pH > pK_A + 1 \quad \Rightarrow \quad A^-$ prédomine.

Diagramme de prédominance Il s'agit simplement de placer la valeur du pK_A et les deux domaines de prédominance acide $pH < pK_A - 1$ et basique $pH > pK_A + 1$.

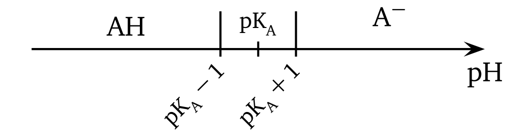
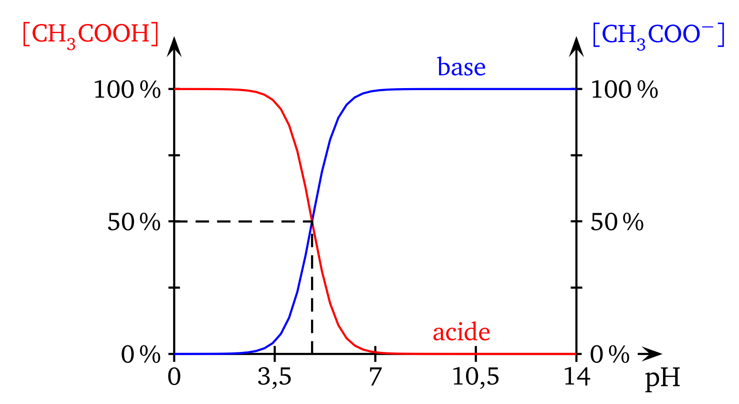


Diagramme de distribution Exemple pour le couple entre l'acide éthanoïque CH_3COOH et l'ion éthanoate CH_3COO^-, tels que $pK_A = 4,8$:



Ce diagramme est rarement utilisé, mais je le trouve très joli et maintenant que je me suis embêté à le dessiner à l'ordinateur cela me coûte de l'effacer. Il montre bien que dans certains domaines, on est à 100 % de forme acide ou 100 % de forme basique... Remarquez en particulier sur l'exemple proposé que cela n'a rien à voir avec le fait que le pH soit inférieur ou supérieur à 7 !

Sécurité On verse toujours l'acide dans l'eau et pas l'eau dans l'acide. C'est la même chose avec les bases, d'ailleurs. L'idée est d'éviter les projections d'acide ou de base purs...

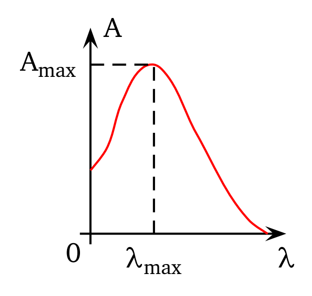
Effets Les réactions acido-basiques sont généralement rapides et exothermiques. Ce dernier terme signifie en pratique que la température de la solution peut augmenter !

Chapitre 6

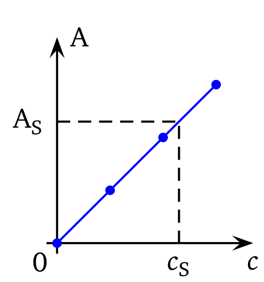
Contrôles de qualité

Titrage à l'aide d'un spectrophotomètre

• On trace le spectre d'absorption, courbe $A = f(\lambda)$ d'une solution contenant l'espèce colorée, et l'on recherche la longueur d'onde λ_{max} correspondant au maximum d'absorption.



• À partir de solutions étalons de concentrations connues, on mesure l'absorbance de chaque solution et l'on trace la droite d'étalonnage $A = f(c)$ pour la longueur d'onde λ_{max}.



• On mesure alors l'absorbance A_S de la solution inconnue, et on en déduit sa concentration c_S par lecture graphique sur la droite d'étalonnage ci-dessus.

Réaction de dosage Une réaction de dosage doit être totale, unique, rapide, avec une équivalence facile à repérer.

Équivalence À l'équivalence, les réactifs titrant et titré ont été introduits en proportions stœchiométriques. Il ne reste aucun des deux réactifs, ils ont été intégralement consommés. On dit aussi que l'on a un changement du réactif limitant (avant l'équivalence, le réactif limitant est le réactif titrant ; c'est le réactif titré après l'équivalence).

Indicateur coloré Un indicateur coloré acido-basique est une espèce dont la couleur des formes acide HInd et basique Ind^- sont différentes.

Dans la zone de virage, $pK_A - 1 < pH < pK_A + 1$, les formes acides et basiques sont en concentrations proches, l'indicateur a sa teinte sensible, mélange des couleurs des teintes acide et basique.

Choix d'un indicateur À partir d'une courbe $pH = f(V)$, vous devez être capable de choisir un indicateur coloré adapté au dosage colorimétrique. Pour avoir un virage à la goutte près, le saut de pH doit être dans la zone de virage de l'indicateur.

Repérage de l'équivalence Le point E d'équivalence est un *point d'inflexion* de la courbe $pH = f(V)$: la concavité de la courbe change en ce point. On peut repérer ce point par la méthode des tangentes (avec deux parallèles tangentes à la courbe de part et d'autre du point équivalent, et une troisième parallèle à égale distance des deux autres et qui coupe la courbe en E).

Le volume à l'équivalence V_E s'obtient aussi en repérant le maximum de la courbe dérivée :

$$\frac{dpH}{dV} = g(V)$$

Par intersection de V_E avec la courbe de pH, on place alors le point équivalent.

pH à l'équivalence Le pH à l'équivalence vaut :

— 7 pour un dosage acide fort-base forte ; le point d'équivalence s'obtient ;
— Supérieur à 7 pour un dosage acide faible-base forte ;
— Inférieur à 7 pour un dosage acide fort-base faible.

Chapitre 7

Lois de Newton

Référentiel Le mouvement d'un corps est défini par rapport à un référentiel, constitué d'un solide de référence auquel est lié un repère, et d'une horloge. On repère ainsi la position d'un corps, à une date donnée.

Trajectoire La trajectoire dépend du référentiel choisi : le mouvement est relatif au référentiel.

Vitesse moyenne La vitesse moyenne est le quotient de la distance d parcourue pendant la durée t du déplacement :

$$v = \frac{d}{t}$$

Vitesse instantanée La vitesse instantanée d'un point M en M_i peut être approchée par la vitesse moyenne entre deux positions M_{i-1} et M_{i+1} encadrant M_i :

$$v_i = \frac{M_{i-1}M_{i+1}}{t_{i+1} - t_{i-1}}$$

Vecteur vitesse Le vecteur vitesse $\overrightarrow{v}$ est la dérivée par rapport au temps du vecteur position :

$$\overrightarrow{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \overrightarrow{OM}}{\Delta t} = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt}$$

Ce vecteur a une valeur notée $v = ||\overrightarrow{v}||$, appelée *vitesse*, en mètres par seconde ($m \cdot s^{-1}$). Ses autres caractéristiques sont sa direction, tangent à la trajectoire, et son sens, toujours celui du mouvement.

Vecteur accélération Le vecteur accélération $\overrightarrow{a}$ est la dérivée par rapport au temps du vecteur accélération :

$$\overrightarrow{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \overrightarrow{v}}{\Delta t} = \frac{d\overrightarrow{v}}{dt}$$

Ce vecteur a une valeur notée $a = ||\overrightarrow{a}||$, appelée *accélération*, en mètres par seconde carrés ($m \cdot s^{-2}$). Ses autres caractéristiques sont sa direction et son sens.

4 caractéristiques Une force est représentée par un segment fléché, appelé vecteur force, de quatre caractéristiques :

- — sa direction ;
- — son sens ;
- — son point d'application ;
- — sa valeur, exprimée en newtons, de symbole N.

L'accélération relie mouvement et force Le mouvement d'un corps peut être modifié si le corps subit une action mécanique, modélisée par une force. Tout le détail de cette formulation est contenu dans le mot « modifié », c'est-à-dire qu'appliquer une force va faire varier la vitesse, c'est-à-dire créer une accélération ou une décélération.

L'inertie relie masse et force L'effet d'une force appliquée sur un corps dépend de sa masse. L'effet d'inertie est même rigoureusement proportionnel : il faut appliquer une force d'intensité double pour le même mouvement quand on double la masse.

Isolé ou pseudo-isolé Il est équivalent d'énoncer : « un corps est soumis à des forces qui se compensent » (= système pseudo-isolé) et « un corps n'est soumis à aucune force » (= système isolé).

Énoncé du Principe d'inertie

« Un système persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme si les forces qui s'exercent sur lui se compensent ou sont nulles. »

$$\sum \overrightarrow{F}_{ext} = \overrightarrow{0} \quad \Rightarrow \quad \overrightarrow{v} = \overrightarrow{cte}$$

Cette formule est appelée « première loi de Newton ». Elle permet de trouver le mouvement d'un objet connaissant toutes les forces qui s'appliquent, dans le cas ou leur somme est nulle.

Réciproque du Principe d'inertie

« Si un système persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme, cela signifie que les forces qui s'exercent sur ce système se compensent ou sont nulles. »

$$\overrightarrow{v} = \overrightarrow{cte} \quad \Rightarrow \quad \sum \overrightarrow{F}_{ext} = \overrightarrow{0}$$

Lien entre force, masse et mouvement La *résultante* (= la somme nette de tous les vecteurs) des forces extérieures appliquées est égale au produit de la masse par la *variation* du vecteur vitesse de mouvement du centre d'inertie G :

$$\sum \overrightarrow{F}_{ext} = m\frac{d\overrightarrow{v}}{dt} = m\frac{d\overrightarrow{a}}{dt}$$

En d'autres termes, les effets d'une force peuvent être une *variation* dans le mouvement d'un objet. À contrario, il n'y a pas forcément de lien entre mouvement et force appliquée — penser à l'exemple du *mouvement perpétuel* qui perdure pour un corps *isolé*.

Cette formule est appelée « deuxième loi de Newton ». Elle permet de trouver le mouvement d'un objet connaissant toutes les forces qui s'appliquent, dans le cas général.

Quantité de mouvement Par définition, le vecteur quantité de mouvement $\overrightarrow{p}$ est donné par le produit de la masse m du système par le vecteur vitesse $\overrightarrow{v}$:

$$\overrightarrow{p} = m\,\overrightarrow{v}$$

1ère loi de Newton Si la résultante des forces extérieures appliquées à un corps est nulle, ce dernier a une quantité de mouvement qui se *conserve* :

$$\sum \overrightarrow{\mathrm{F}}_{\mathrm{ext}} = \overrightarrow{0} \quad \Leftrightarrow \quad \overrightarrow{p} = \overrightarrow{\mathrm{cte}}$$

Il s'agit d'une généralisation du Principe d'inertie qui a l'avantage d'être valable pour les systèmes dont la masse varie (particules dans un accélérateur, fusée...).

2eme loi de Newton La résultante des forces extérieures appliquées à un corps est égale à la dérivée de la quantité de mouvement :

$$\sum \overrightarrow{\mathrm{F}}_{\mathrm{ext}} = \frac{\mathrm{d}\,\overrightarrow{p}}{\mathrm{d}t}$$

Il s'agit d'une généralisation de la loi déjà donnée ci-dessus, qui a l'avantage d'être valable pour les systèmes dont la masse varie (particules dans un accélérateur, fusée...). Si la masse est constante, on peut « sortir » la constante m de la dérivée, avec $\overrightarrow{p} = m\,\overrightarrow{v}$:

$$\sum \overrightarrow{\mathrm{F}}_{\mathrm{ext}} = \frac{\mathrm{d}(m\,\overrightarrow{v})}{\mathrm{d}t} = m\frac{\mathrm{d}\,\overrightarrow{v}}{\mathrm{d}t} = m\,\overrightarrow{a}$$

On peut aussi appeler cette loi « Principe Fondamental de la Dynamique » (PFD en abrégé).

3eme loi de Newton La force $\overrightarrow{\mathrm{F}}_{\mathrm{A/B}}$ exercée par un corps A sur un corps B, est égale et opposée à la force $\overrightarrow{\mathrm{F}}_{\mathrm{B/A}}$ exercée par le corps B sur le corps A :

$$\overrightarrow{\mathrm{F}}_{\mathrm{A/B}} = -\,\overrightarrow{\mathrm{F}}_{\mathrm{B/A}} \quad \Leftrightarrow \quad \overrightarrow{\mathrm{F}}_{\mathrm{A/B}} + \overrightarrow{\mathrm{F}}_{\mathrm{B/A}} = \overrightarrow{0}$$

En conséquence, ces deux forces ont même direction (la droite reliant les centres d'inertie A et B des corps), sens opposés et même valeur.

Cette loi est aussi appelée *loi des actions réciproques*.

Référentiels Pour appliquer les lois de Newton, il faut se placer dans un référentiel galiléen.

Un *référentiel* est un repère, associé à une horloge. Cet ensemble permet de repérer un corps autant dans l'espace (repère $(\mathrm{O}xyz)$) que dans le temps (date t sur l'horloge).

Un référentiel est *galiléen* quand on peut négliger les mouvements des masses qui entourent le référentiel. Plus prosaïquement, on peut dire qu'un référentiel est galiléen quand on peut appliquer les lois de Newton.

Appliquer du PFD

1. Choisir le système sur lequel l'étude va porter ;
2. Choisir le référentiel, que l'on prendra galiléen ;
3. Faire l'inventaire des forces extérieures appliquées au système ;
4. Écrire le PFD ;
5. Projeter l'expression vectorielle sur des axes convenablement choisit.

Exploitation Vous devez savoir exploiter une série de photos (chronophotographie), un film (pointés sur une vidéo) ou un enregistrement (table à coussin d'air) :

— Reconnaître si le mouvement du centre d'inertie est rectiligne uniforme ou pas ;
— Déterminer les vecteurs vitesse et accélération ;
— Mettre en relation accélération et somme des forces.

Importance des C. I. Vous devez comprendre que toute la physique d'un problème est contenue d'une part dans l'écriture de la deuxième loi de Newton (équation différentielle du second ordre), d'autre part dans les conditions initiales (position & vitesse). À partir de ces données, vous pouvez prévoir le mouvement du système à toutes les dates ultérieures (donc vous pouvez prévoir le futur !).

Équations paramétriques Vous devez être capable de retrouver les équations horaires paramétriques $x(t)$, $y(t)$ et $z(t)$ à partir de l'application de la seconde loi de Newton.

Poussée d'Archimède Pour un corps de masse volumique ρ, déplaçant un volume $\mathrm{V}_{\mathrm{fluide}}$ de fluide de masse volumique ρ_{fluide}, la poussée d'Archimède est :

$$\overrightarrow{\Pi} = -\rho_{\mathrm{fluide}}\mathrm{V}_{\mathrm{fluide}}\,\overrightarrow{g}$$

Frottements fluides Les forces de frottement fluides sont décrites par une loi *phénoménologique*, les deux cas les plus simples étant une dépendance linéaire ou quadratique avec la vitesse v :

$$\overrightarrow{f} = -k\,\overrightarrow{v} \quad \text{ou} \quad \overrightarrow{f} = -kv\,\overrightarrow{v}$$

Traditionnellement, on réserve la première formule aux vitesses faibles, la seconde aux vitesses plus

élevées, ce que l'on entend par *faible* ou *élevé* restant à préciser (car dépendant de très nombreux facteurs).

Dans tous les cas, la force de frottement est tangente et opposée au mouvement.

Document expérimental Sur un document expérimental reproduisant la trajectoire d'un projectile, vous devez être capable de :

— tracer le vecteur vitesse initial $\overrightarrow{v_0}$ et déterminer sa norme v_0 et l'angle α par rapport à l'axe horizontal ;
— tracer les vecteurs vitesses et accélération ;
— déterminer les caractéristiques du vecteur accélération.

Lois de Képler

1. Les planètes ou satellites décrivent des orbites elliptiques, l'astre attracteur étant l'un des foyers de l'ellipse ;
2. Les aires balayées par le segment reliant le satellite à l'astre attracteur pendant des durées égales sont égales ;
3. Le rapport entre le carré de la période de révolution T et le cube du demi-grand axe a de l'orbite elliptique est constant :

$$\frac{T^2}{a^3} = k$$

Cette dernière loi a été démontrée dans le cours à partir de la deuxième loi de Newton.

Circulaire uniforme La trajectoire d'un tel mouvement est un cercle, décrit à vitesse constante (le vecteur vitesse change constamment de direction, tout en restant tangent à la trajectoire et de valeur constante).

Ce mouvement a lieu sous l'effet d'une force *radiale*, c'est-à-dire dirigée selon le rayon de la trajectoire circulaire, et la vitesse initiale est non nulle.

Le vecteur accélération est alors *centripète*, c'est-à-dire dirigé vers le centre du cercle. Sa valeur est :

$$a = \frac{v^2}{r}$$

Gravitation universelle Deux corps dont la répartition des masses est à symétrie sphérique, de centres A et B, et dont la distance $d = \mathrm{AB}$ est grande devant leur taille, exercent l'un sur l'autre une force attractive :

$$\overrightarrow{F}_{B/A} = -\overrightarrow{F}_{A/B} = G\frac{m_A m_B}{d^2}\overrightarrow{u}_{AB}$$

où $\overrightarrow{u}_{AB}$ est un vecteur unitaire, porté par la droite (AB), dirigé de A vers B.

Géostationnaire Un satellite est géostationnaire s'il parcourt son orbite dans le plan équatorial de la Terre, dans le même sens et avec la même période que la rotation propre de la Terre.

Ces conditions impliquent une immobilité par rapport à un point du sol, et une altitude de 36 000 km environ à la verticale de l'équateur.

Chapitre 8

Mouvements dans les champs

Force de pesanteur Le vecteur poids s'écrit $\overrightarrow{P} = m\overrightarrow{g}$. Il ne faut pas confondre cette formule avec celle donnant la quantité de mouvement $\overrightarrow{p} = m\overrightarrow{v}$, qui n'a absolument aucun rapport (les deux s'ignorent superbement et ne se parlent pas).

Chute libre verticale Cas théorique, elle correspond à une chute sous le seul effet de la pesanteur. Vous devez savoir qu'elle correspond à un mouvement rectiligne uniformément accéléré :

$$\overrightarrow{a} = \overrightarrow{g}$$

Vous devez savoir mener la résolution *analytique* de bout en bout, pour aboutir *in fine* à l'équation horaire du mouvement après double intégration.

Mouvement plan Le mouvement d'un projectile dans le champ de pesanteur est plan. Plus précisément, le plan du mouvement sera celui défini par le vecteur vitesse initiale $\overrightarrow{v}_0$ et le vecteur champ de pesanteur $\overrightarrow{g}$ (et donc il s'agit d'un plan vertical).

Équation de la trajectoire L'équation de la trajectoire s'obtient à partir des équations horaires paramétriques, en éliminant le temps. Vous devez être capable de retrouver cette équation.

Cette équation correspond à celle d'une parabole, dans le cas d'un mouvement sans frottement.

Chapitre 9

Cinétique et catalyse chimiques

Demi-équation Forme générale d'une demi-équation électronique :

$$\text{Ox} + n\text{e}^- = \text{Réd}$$

Reportez-vous à la méthode distribuée en cours quant à la manière d'équilibrer une demi-équation, à connaître par cœur.

Équations d'oxydoréduction Vous devez être capable d'écrire rapidement et surtout sans erreur l'équation d'oxydoréduction associée à une transformation chimique.

Oxydants et réducteurs Vous devez être capable d'identifier un oxydant (= une espèce capable de capter un électron) et un réducteur (= une espèce capable de céder un électron).

Dans une équation, vous devez savoir trouver les deux couples mis en jeux.

Facteurs cinétiques La température et la concentration sont, parmi d'autres, deux facteurs cinétiques, *c.-à-d.* leur augmentation s'accompagne *en général* d'une augmentation de la vitesse de réaction.

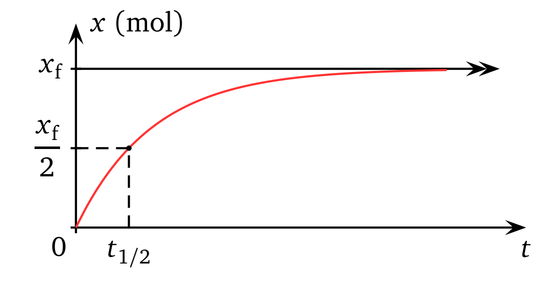
À partir de résultats expérimentaux (courbes, concentrations, etc.), vous devez être capable d'identifier des facteurs cinétiques.

Temps de 1/2 réaction Le temps de demi-réaction est le temps au bout duquel la moitié de la quantité de réactif limitant a disparu.

En notant x_f l'avancement final de la réaction, et $t_{1/2}$ le temps de demi-réaction, l'avancement de réaction x au temps $t_{1/2}$ vaut :

$$\frac{x_f}{2}$$

Il faut savoir réaliser une lecture graphique de ce temps :



Méthodes de suivi d'une réaction On utilise :

- un manomètre lorsque la réaction s'accompagne d'un dégagement de gaz, pour un montage à volume constant (= clos) ;
- une mesure de volume lorsque la réaction s'accompagne d'un dégagement de gaz, pour un montage à pression constante ;
- un conductimètre lorsque la réaction fait intervenir des ions ;
- un pH-mètre lorsque la réaction fait intervenir des ions oxonium H_3O^+, ou proton hydraté H^+ (ne pas laisser les H^+ dans l'équation finale) ;
- Un spectrophotomètre (ou à défaut, la comparaison avec une échelle de teinte) lorsque la réaction fait intervenir une espèce colorée ;
- Une CCM ou chromatographie sur couche mince, basée sur la différence d'affinité d'une espèce chimique pour une phase fixe (la plaque recouverte de silice) et une phase mobile (le solvant ou éluant qui se déplace par capillarité le long de la plaque, en provoquant une migration plus ou moins prononcée de l'espèce chimique). Pour ne pas limiter la CCM aux composés colorés, on a recours à une révélation par les UV (les plaques réfléchissent les UV, sauf aux emplacements où une substance chimique est présente, ce qui fait que l'on observe des taches plus sombres).

Rapide ou lent Dire qu'une réaction est rapide ou lente est assez subjectif. On peut par exemple tout centrer sur sa petite personne, et estimer qu'une réaction est lente quand on a le temps de voir les modifications s'effectuer à l'œil nu, et qu'à contrario elle est rapide si elle est arrivée à l'état d'équilibre quand on a terminé de verser l'un des réactifs.

Certaines réactions ont lieu en quelques millisecondes, d'autres en jours ou en année, classer les premières dans les rapides et les secondes dans les lentes ne pose pas de problème.

Catalyseur Un catalyseur est une substance qui augmente la vitesse d'une réaction chimique. Le catalyseur participe à la réaction, mais ne fait partie ni des réactifs, ni des produits, et donc n'apparaît pas dans l'équation-bilan (on l'indique au-dessus de la flèche ou de la double flèche).

Exprimé autrement, un catalyseur permet à la réaction de suivre un *chemin réactionnel* bien plus rapide.

Homogène Lorsque le catalyseur et les réactifs sont dans la même *phase* (solide, liquide ou gaz), on parle de catalyse *homogène*.

Hétérogène Lorsque le catalyseur et les réactifs ne sont pas dans la même phase, on parle de catalyse *hé-*

térogène. Dans ce cas, le catalyseur est souvent un solide, et les réactifs des liquides ou des gaz (exemple : pot catalytique).

Enzyme En biochimie, certaines protéines possèdent une activité catalytique : ces protéines sont appelées enzymes. On parle alors de catalyse *enzymatique*.

Spontanéité Un catalyseur ne peut intervenir que sur des réactions spontanées.

Spécificité Contrairement aux deux facteurs cinétiques température et concentration, qui agissent sur la probabilité de chocs efficaces entre molécules, le catalyseur modifie le mécanisme réactionnel, c'est-à-dire la façon dont la réaction s'effectue (on parle d'un nouveau *chemin de réaction*). Conséquence, un catalyseur est spécifique à une réaction.

Équilibre Un catalyseur ne modifie pas l'état d'équilibre, car il accélère à la fois les réactions directe et inverse. En conséquence, la transformation chimique est simplement plus rapide, l'état final est le même.

Sélectivité Dans l'industrie, le choix d'un catalyseur spécifique permet d'orienter une synthèse vers un produit particulier lorsque plusieurs produits sont susceptibles de se former.

Chapitre 10

Représentation des molécules

Nomenclature Vous devez connaître la nomenclature des espèces organiques. Reportez-vous au rabas de couverture noté V de votre livre, afin de vous assurer que vous connaissez bien tous les groupes et leur nomenclature.

Brute On appelle formule brute d'une molécule, une formule indiquant uniquement le symbole des atomes et leurs nombres.

Exemple : CH_4 pour le méthane, comportant un carbone et quatre hydrogènes.

Lewis On appelle formule de Lewis une représentation de tous les atomes, de leurs liaisons et de leurs éventuels doublets non-liants. Exemple :

$$\begin{array}{ccccc} H & - & \overline{N} & - & H \\ & & | & & \\ & & H & & \end{array} \qquad \text{Ammoniac}$$

Développée On appelle formule développée une représentation de toutes les liaisons entre atomes, à l'exclusion des doublets non-liants. Exemple :

$$\begin{array}{ccccc} & & H & & \\ & & | & & \\ H & - & C & - & H \\ & & | & & \\ & & H & & \end{array} \qquad \text{Méthane}$$

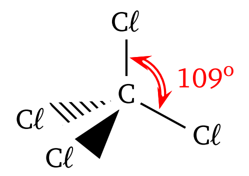
Semi-développée Dans une formule semi-développée, toutes les liaisons entre atomes sont montrées, sauf les liaisons C-H. Exemple : éthane :

$$\begin{array}{ccccccc} & & H & & H & & \\ & & | & & | & & \\ H & - & C & - & C & - & H \\ & & | & & | & & \\ & & H & & H & & \end{array} \qquad CH_3 - CH_3$$

Développée — Semi-développée

Géométrie La géométrie adoptée par une molécule tends à minimiser la répulsion entre doublets d'électrons, en les répartissant dans l'espace.

Cram Dans cette représentation, les liaisons en avant du plan sont représentées par un triangle plein ◀ et celles en arrière du plan par un triangle hachuré ⋰. Exemple :



Isomères Des isomères sont des molécules ayant le même nombre d'atomes, mais un enchaînement de ces derniers différent.

Stéréoisomères Deux molécules sont stéréoisomères si elles présentent le même enchaînement d'atomes mais qu'elles ne sont pas superposables dans l'espace.

Chiralité Une espèce est dite chirale si elle n'est pas superposable à son image dans un miroir.

Carbone asymétrique Un carbone ayant quatre substituants différents est dit asymétrique, il est la cause de l'apparition de la chiralité d'une molécule.

Énantiomères Deux molécules sont énantiomères si elles ont le même enchaînement d'atomes, qu'elles sont non superposables, et images l'une de l'autre dans un miroir.

Diastéréoisomères Deux molécules sont diastéréoisomères si elles ont le même enchaînement d'atomes, mais qu'elles ne sont ni superposables, ni images l'une de l'autre dans un miroir.

Conformations Les conformations d'une molécule sont les différents arrangements de ses atomes qui peuvent être obtenus sans rupture de liaisons, simplement par rotation autour des liaisons carbone-carbone. Certaines conformations sont énergétiquement plus favorables que d'autre, ce qui en particulier influence la réactivité des molécules.

Chapitre 11

Travail et énergie

Travail Le travail d'une force $\overrightarrow{F}$ constante, lors de son déplacement quelconque d'un point A à un point B, est :

$$W_{AB}\left(\overrightarrow{F}\right) = \overrightarrow{F}\cdot\overrightarrow{AB} = F\cdot AB\cdot\cos\alpha$$

où $\overrightarrow{F}\cdot\overrightarrow{AB}$ est le produit scalaire des vecteurs force $\overrightarrow{F}$ et déplacement $\overrightarrow{AB}$, et α l'angle entre les vecteurs force et déplacement.

Chemin suivi Le travail d'une force $\overrightarrow{F}$ *conservative* d'un point A à un point B ne dépend pas du chemin suivi pour aller du point A au point B. On dit d'une telle force qu'elle *dérive* d'une énergie potentielle.

Poids Le travail du poids $\overrightarrow{P}$ d'un point matériel de masse m qui se déplace d'un point A d'altitude z_A à un point B d'altitude z_B dans un champ de pesanteur uniforme est :

$$W_{AB}\left(\overrightarrow{P}\right) = m\cdot g\cdot(z_A - z_B)$$

Ainsi le poids est une force conservative dont l'énergie potentielle, l'énergie potentielle de pesanteur, s'exprime par :

$$E_p = mgh$$

dès lors que l'origine des énergies potentielles est prise à une hauteur h nulle. On peut utiliser ces formules directement sans démonstration.

Charge et force Une particule portant la charge électrique q en coulomb (C) est soumise à la force électrique $\overrightarrow{F_e}$ lorsqu'elle est placée dans le champ électrique $\overrightarrow{E}$:

$$\overrightarrow{F_e} = q\cdot\overrightarrow{E}$$

Le champ électrique $\overrightarrow{E}$ peut être créé par deux plaques portant une différence de potentiel ou tension $U = U_{AB}$ et séparées par une distance $d = AB$, tel que le module ou norme du champ s'exprime par :

$$E = \frac{U}{d} \quad \text{ou} \quad E = \frac{U_{AB}}{AB}$$

Travail électrique Le travail de la force électrique $\overrightarrow{F_e}$ qui s'exerce sur une particule portant une charge q, qui se déplace d'un point A à un point B, dans un champ électrique $\overrightarrow{E}$ uniforme, a pour expression :

$$W_{AB}\left(\overrightarrow{F_e}\right) = \overrightarrow{F_e}\cdot\overrightarrow{AB} = q\cdot U_{AB}$$

La force électrique est une force conservative dont l'énergie potentielle, énergie potentielle électrique, s'exprime par :

$$E_p = -qV$$

avec V le potentiel du point considéré. La différence de potentiel ou tension U_{AB} s'exprime en fonction du potentiel des deux points A et B par :

$$U_{AB} = V_A - V_B$$

Frottements Le travail d'une force de frottement $\overrightarrow{f}$ est résistant :

$$W_{AB}\left(\overrightarrow{f}\right) = -f\cdot AB < 0$$

Les forces de frottement sont non conservatives, le travail dépend du chemin suivi, et elles ne dérivent pas d'une énergie potentielle.

Énergie mécanique Par définition, l'énergie mécanique d'un système est la somme de ses énergies potentielle et cinétique :

$$E_m = E_p + E_c$$

Conservation En l'absence de frottements ou lorsqu'ils restent négligeables, les variations d'énergie potentielle compensent les variations d'énergie cinétique : il y a conservation de l'énergie mécanique.

$$E_m = \text{cte} \quad \Leftrightarrow \quad \Delta E_m = 0$$

On peut utiliser cette dernière égalité pour calculer l'énergie cinétique lorsque l'on connaît l'énergie potentielle, et vice-versa. On dit souvent qu'un système est dans une « cuvette » d'énergie potentielle, il voit sans cesse ses formes d'énergies cinétique et potentielle s'échanger.

Vous devez savoir reconnaître la conservation ou la non-conservation de l'énergie mécanique sur un document expérimental.

Dissipation La variation de l'énergie mécanique entre deux positions A et B d'un système est égale au travail de la force $\overrightarrow{f}$ qui modélise l'action des frottements entre ces deux positions :

$$\Delta E_m = W_{AB}\left(\overrightarrow{f}\right)$$

Chapitre 12

Relativité restreinte

Célérité de la lumière Quelque soit le référentiel dans lequel on se place, la célérité de la lumière dans le vide vaut $c \simeq 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, constante universelle qui est de fait une limite maximale infranchissable pour les vitesses des particules. En particulier la loi d'addition galiléenne des vitesses est mise en défaut.

Temps Le temps n'est plus une notion universelle, il dépend de l'observateur et donc de son déplacement.

Espace-temps On définit un évènement par ses quatre coordonnées spatio-temporelles, donc sa position dans l'espace et dans le temps. Le temps apparaît ainsi comme une coordonnée comme une autre.

Référentiel propre On nomme référentiel propre le référentiel dans lequel la particule est immobile.

Dilatation du temps Le temps Δt mesuré dans un référentiel quelconque est lié au temps Δt_0 mesuré dans le référentiel propre par :

$$\Delta t = \gamma \cdot \Delta t_0 \quad \text{avec} \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Puisque par principe $v \leqslant c$ alors $\gamma \geqslant 1$ et donc $\Delta t \geqslant \Delta t_0$: c'est la dilatation du temps.

Contraction des longueurs Une conséquence de la dilatation du temps est la contraction des longueurs.

Horloge atomique Une horloge atomique est ce qui se fait de plus précis actuellement. Une telle horloge est basée sur la quantification des niveaux d'énergie d'un atome.

GPS Afin d'assurer une précision suffisante au système GPS de localisation par satellite, il faut entre autres tenir compte des effets relativistes.

Chapitre 13

Transformations organiques I

Modifications de chaîne On distingue trois modifications de chaîne différentes : craquage (diminution du nombre d'atomes de carbone), polymérisation (augmentation du nombre d'atomes de carbone) et reformage (conservation du nombre d'atomes de carbone).

Modifications de groupe Il n'est pas rare qu'une réaction chimique s'accompagne d'une modification de groupe caractéristique. L'aviez-vous noté ? Lol !

Trois catégories On distingue trois catégories de réactions chimiques : les additions, les éliminations et les substitutions.

— lors d'une substitution, un atome ou groupe d'atomes est remplacé par un autre atome ou groupe d'atomes ;
— lors d'une addition, une liaison double se transforme en liaison simple, ou encore un cycle se casse ;
— lors d'une élimination, une liaison simple se transforme en liaison double, ou encore un cycle se forme.

Chapitre 14

Transformations organiques II

Électronégativité L'électronégativité est une grandeur sans dimension qui évalue la capacité d'un atome a attirer les électrons à lui.

Polarité Une liaison entre deux atomes d'électronégativités différentes est polarisée. Cette polarisation partielle est notée avec des charges partielles $\delta+$ et $\delta-$.

Lewis Dans la représentation de Lewis, tous les doublets liants ou non-liants entourant un atome sont représentés.

Donneur ou accepteur Un site est donneur de doublet d'électrons lorsqu'il présente une forte densité électronique (comme une charge ou charge partielle négative), avec un doublet liant ou non liant susceptible d'être déplacé. À contrario un site est accepteur de doublet d'électrons lorsqu'il présente une faible densité électronique (comme une lacune, une charge ou une charge partielle positive), donc une aptitude à recevoir un doublet d'électrons.

Mécanisme réactionnel Un mécanisme réactionnel est la description microscopique du déroulement d'une réaction. Cette description peut comporter plusieurs étapes.

Flèche courbe Lors d'une étape d'un mécanisme réactionnel, on représente le mouvement d'un doublet d'électrons par une flèche courbe. Comme le montre le document 12 page 309 du livre, la flèche courbe part toujours d'un doublet et pointe toujours vers un atome.

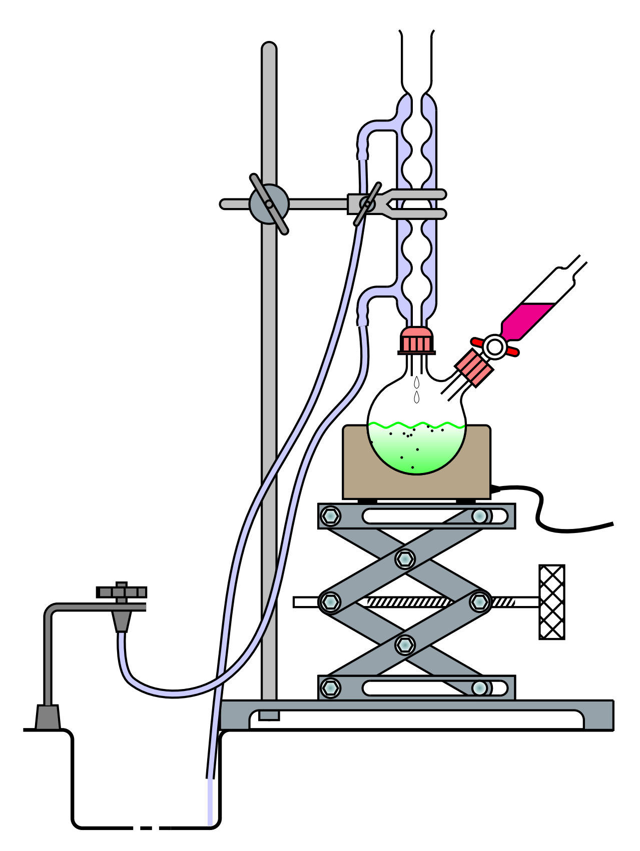
Chapitre 15

Stratégie de synthèse et sélectivité

Montages Voici une liste non exhaustive des montages de chimie que vous devez connaître (connaître la légende, comprendre leur utilité) :
- filtration simple ou filtration par gravité ;
- filtration sous vide ou filtration sur büchner ;
- hydrodistillation ;
- distillation fractionnée ;
- montage à reflux ;
- ampoule à décanter ;
- ...

On se reportera utilement aux fiches méthodes pages 590 et suivantes du livre.

Reflux Un montage à reflux (ci-dessous) permet de chauffer des liquides à ébullition sans risque de perte de matière. Ce montage permet donc d'accélérer une réaction (facteur cinétique température).



Distillation Une distillation fractionnée (que l'on reconnaît facilement à sa colonne vigreux) permet de séparer deux liquides de température d'ébullition différente.

Ce montage peut aussi être utilisé pour provoquer un déplacement d'équilibre par élimination d'un produit formé plus volatil. La réaction équilibrée étant privée d'un de ses produits, elle ne peut pas avoir lieu dans le sens indirect.

Rendement Le rendement d'une synthèse est le rapport (sans unité) :

$$\eta = \frac{m_{\text{exp}}}{m_{\text{th}}} \leqslant 1 \quad \text{ou} \quad 100\,\%$$

avec m_{exp} la quantité de matière ou la masse de produit pur obtenu, et m_{th} la quantité de matière ou la masse que l'on pourrait obtenir si la réaction était totale.

Extraction par solvant L'extraction par solvant consiste à utiliser un solvant extracteur pour obtenir une solution du composé recherché, dissout dans ce solvant. On distingue quatre critères de choix d'un solvant extracteur :

1. l'espèce à extraire doit être la plus soluble possible dans le solvant ;
2. le solvant doit être le moins dangereux possible ;
3. si l'espèce à extraire est déjà dissoute dans un autre solvant (typiquement, l'eau), le solvant extracteur ne doit pas être miscible avec cette solution ;
4. le solvant doit être le plus volatil possible (température d'ébullition la plus faible possible, afin d'être éliminé facilement pour obtenir l'extrait pur).

Recristallisation La recristallisation est une technique de purification d'un produit solide. Le produit brut est dissous à chaud dans un solvant bien choisi. On laisse le mélange refroidir lentement, les impuretés restent dissoutes à froid dans le solvant alors que le produit de la synthèse cristallise. Le produit pur est ensuite récupéré par filtration puis séché à l'étuve.

Réactifs chimiosélectifs Une réaction est sélective si, parmi plusieurs fonctions d'une molécule, l'une

d'elle réagit préférentiellement avec le réactif considéré. Ce réactif est alors dit chimiosélectif.

Protection En l'absence de réactif chimiosélectif, il est souvent nécessaire de protéger une fonction, c'est-à-dire de créer volontairement un groupe dans une molécule pour bloquer la réactivité d'une de ses fonctions, temporairement transformée et qui ne va donc pas réagir.

On notera qu'une fois une molécule protégée lors d'une étape préliminaire, il est nécessaire de la déprotéger lors d'une étape ultérieure, une fois la réaction initialement visée réalisée. Le groupe protecteur est enlevé ou clivé.

Identification Une fois la réaction terminée, le produit isolé et purifié, on caractérise et on contrôle la pureté du produit synthétisé par l'une des méthodes suivantes :

— mesure de sa température de fusion au banc Köfler (la température d'un mélange est différent de celui d'un corps pur) ;
— CCM ;
— spectre RMN ;
— spectre IR ;
— mesure de l'indice de réfraction ;
— ...

Chapitre 16

Dualité onde-particule

Force 4 Traditionnellement, on indique que la Physique fait intervenir quatre forces : l'interaction gravitationnelle, l'interaction électrique, l'interaction faible (qui explique la radioactivité α) et l'interaction forte (qui explique la cohésion des noyaux).

Quantification L'énergie de l'atome est quantifiée, c'est-à-dire que l'atome ne peut se trouver que dans un état d'énergie bien précis. La mécanique de Newton ne permet pas d'expliquer cette quantification.

Énergie L'énergie d'un atome ne peut varier que selon un multiple du quanta d'énergie :

$$\Delta E = h\nu$$

— ΔE variation d'énergie, en joules (J) ;
— h est la constante de Planck :

$$h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

— ν est la fréquence de la radiation (photon) émise ou absorbée par l'atome, en hertz (Hz).

État Le niveau d'énergie le plus bas d'un atome est appelé *état fondamental*. Les autres niveaux d'énergie sont les états excités. Les niveaux d'énergie des molécules et les noyaux sont eux aussi quantifiés.

Quantique ou pas ? La quantification des niveaux d'énergie et des transferts d'énergie n'est en général sensible qu'au niveau atomique ou nucléaire. Au niveau macroscopique la majorité des systèmes qui nous entourent ne présentent pas en apparence un comportement quantifié, car la quantification de leurs niveaux d'énergie est non perceptible, cachée par la moyenne statistique sur un grand nombre de particules et d'échanges d'énergie.

Spectre de raies Un spectre de raies est le résultat de la décomposition (= dispersion par un prisme ou un réseau) des différentes radiations monochromatiques émises par un gaz d'atome chaud lors de sa désexcitation.

Chaque élément produit un spectre qui lui est propre, comme une signature.

Un spectre d'absorption, correspondant à l'excitation d'atomes ou de molécules, est complémentaire du spectre d'émission correspondant à la désexcitation des mêmes atomes ou molécules.

Transition À chaque raie du spectre correspond une transition dans l'état énergétique de l'atome. Lorsque qu'un atome passe du niveau d'énergie E_i à un niveau d'énergie supérieur E_f, il absorbe lors de cette excitation un quantum d'énergie égal à :

$$\Delta E = E_f - E_i = h\nu$$

Lors de la désexcitation, le même quantum d'énergie est émis.

Échanges d'énergie Les échanges d'énergies sont de l'ordre :

— de l'eV pour le cortège électronique ;
— du MeV pour le noyau.

Ces échanges d'énergie ont lieu sous forme d'absorption ou d'émission de photons, par quantités discrètes — par quanta.

Dualité La dualité onde-corpuscule est une tentative d'accorder deux modèles antinomiques. En effet une même entité microscopique peut selon les circonstances adopter un comportement ondulatoire (interférences, diffraction...) ou un comportement corpusculaire (impact, trajectoire...). La relation

liant la longueur d'onde λ à la quantité de mouvement p établit le lien entre les deux comportements à mes yeux :

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

LASER Un laser est une source de lumière monochromatique, intense (le ratio puissance sur surface éclairée est très élevé), très directive (le faisceau émis est un faisceau de rayons parallèles) et cohérente (les photons ou trains d'ondes émis ont tous la même phase).

L'émission laser est basée sur :

— le pompage (éventuellement optique) qui provoque une inversion de population, c'est-à-dire qu'un niveau supérieur se trouve très occupé ;

— l'émission stimulée, pour laquelle des photons tous de même fréquence et de même phase sont émis simultanément par désexcitation des atomes préalablement préparés ;

— l'amplification par interférence constructive des photons ainsi émis dans une cavité de Fabry-Pérot (dit de façon moins obscure : deux miroirs qui se font face et qui encadrent le milieu dans lequel a lieu le pompage permettent aux photons de faire de multiples aller-retours, en provoquant à chaque passage dans le milieu des émissions stimulées).

Chapitre 17

Transferts d'énergie

Avogadro Le nombre d'Avogadro est le nombre d'entités dans une mole :

$$N_A = 6,022 \times 10^{-23} \text{ mol}^{-1}$$

Le fait que ce nombre soit très grand implique l'impossibilité pratique de considérer les positions et les vitesses de toutes les particules pour décrire la matière et ses transformations. La description microscopique est ainsi illusoire, on procède à une description macroscopique, basée sur des grandeurs mesurables à notre échelle comme la pression P, la température T, le volume V ou la quantité de matière n.

Spontanéité Les transferts thermiques ont lieu spontanément de la source chaude vers la source froide. Ils ne peuvent être inversés, on dit qu'ils sont irréversibles.

Trois modes Les trois modes de transferts thermiques à connaître sont la convection (transfert par mouvement de matière), la conduction (transfert par contact, par agitation microscopique, dans la matière) et le rayonnement (transfert par rayonnement ou absorption d'une onde électromagnétique).

Flux L'échange d'une quantité de chaleur Q pendant une durée Δt correspond à une puissance thermique $\mathscr{P}_{th}$ telle que :

$$\mathscr{P}_{th} = \frac{Q}{\Delta t}$$

$\mathscr{P}_{th}$ puissance ou flux thermique en watt (W) ;

Q transfert thermique en joule (J) ;

Δt durée en seconde (s).

Résistance La puissance thermique échangée est proportionnelle à l'écart de température $T_{chaud} - T_{froid}$ entre le corps chaud et le corps froid ; le coefficient de proportionnalité est appelé résistance thermique R_{th} et s'exprime par la formule, toujours rappelée :

$$T_{chaud} - T_{froid} = R_{th}\mathscr{P}_{th}$$

$T_{chaud} - T_{froid}$ écart de température en °C ou en K ;

R_{th} résistance thermique en kelvin par watt ($K \cdot W^{-1}$) ;

$\mathscr{P}_{th}$ puissance thermique en watt (W).

Énergie interne L'énergie interne notée U en joule (J) est la somme de l'énergie cinétique microscopique, correspondant à l'agitation thermique, et de l'énergie potentielle microscopique, correspondant aux liaisons entre constituants.

Variation, preum's La variation d'énergie interne ΔU d'un corps est proportionnelle à sa variation de la température ΔT :

$$\Delta U = C \cdot \Delta T$$

ΔU variation d'énergie interne du corps (joule J) ;

ΔT variation de température du corps (°C) ;

C capacité thermique du corps, en joule par degré Celsius ($J \cdot °C^{-1}$).

Variation, encore La variation d'énergie interne ΔU d'un corps est proportionnelle à sa variation de la température ΔT :

$$\Delta U = m \cdot c \cdot \Delta T$$

ΔU variation d'énergie interne du corps (joule J) ;
ΔT variation de température du corps (°C) ;
m masse en kilogramme (kg) ;
c capacité thermique massique du corps, en joule par degré Celsius ($J \cdot {}^oC^{-1} \cdot kg^{-1}$).

Bilan L'énergie interne U d'un système varie si ce dernier échange du travail W avec l'extérieur ou qu'un transfert thermique Q s'effectue :

$$\Delta U = W + Q$$

Si le système est en mouvement, il faut ajouter les variations d'énergie cinétique ΔE_c et d'énergie potentielle ΔE_p au bilan :

$$\Delta E_m + \Delta U = W + Q$$

On a ainsi l'ensemble des énergies à gauche (macroscopiques et microscopiques), et l'ensemble des causes de variation à droite (transfert thermique ou travail).

Machines thermiques Un moteur à explosion, un réfrigérateur, une pompe à chaleur sont des exemples de machines thermiques bithermes cycliques. Si vous comprenez le moindre aspect de tous ces détails c'est que vous êtes un super crack, car il me faudrait plusieurs semaines pour vous expliquer ce que je vous résume là en quelques lignes.

Chapitre 18

Les enjeux énergétiques

Le choc La consommation énergétique mondiale augmente, et les ressources diminuent. Il faut économiser l'énergie et l'utiliser plus efficacement.

Combustibles fossiles Non-renouvelables, les combustibles fossiles (hydrocarbures) libèrent lors de leur combustion du dioxyde de carbone, gaz à effet de serre.

Chapitre 19

Développement durable

Économiser les atomes En réduisant le nombre d'étapes lors d'une synthèse, on limite la formation de sous-produits indésirables et l'utilisation de solvants. L'Utilisation Atomique s'en trouve augmentée.

Catalyseur L'emploi d'un catalyseur permet une économie de temps mais aussi potentiellement d'énergie, si on n'est plus contraint de recourir à des températures ou des pressions élevées (facteurs cinétiques).

Nature On peut utiliser des molécules complexes produites par la nature au lieu de partir de quasiment de zéro.

Recycler Une question de bon sens.

Chapitre 20

Numérisation

Conversion AN Un signal numérique est obtenu en général par la conversion d'un signal analogique. CAN signifie « convertisseur analogique-numérique ». Une telle conversion est réalisée par un échantillonneur bloqueur.

Conversion NA CNA signifie « convertisseur numérique-analogique ».

Numérique Un signal numérique est un signal au moyen duquel les informations sont représentées par un nombre fini de valeurs discrètes bien déterminées. On commence à voir apparaître la notion de résolution, forcément limitée.

Résolution Lors de la conversion d'un signal analogique en signal numérique, les valeurs sont mesurées avec un pas de résolution fixé.

Augmenter le pas de résolution améliore la qualité du signal mesuré.

Exprimé autrement, le pas de résolution va être la plus petite grandeur accessible en ordonnée d'un enregistrement montrant le signal mesuré en fonction du temps. En zoomant sous Latis Pro on peut faire apparaître ce pas de résolution (le signal aug-

mente par paliers visibles).

Bits La quantité de nombres binaires possibles est appelée résolution R. Par définition :

$$R = 2^n$$

où n est le nombre de bits utilisés.

Pas L'intervalle de tension qui existe entre deux valeurs numériques binaires successives est appelé le pas de quantification. Pour le déterminer, on divise l'intervalle dans lequel sont comprises les valeurs de tensions par la résolution R.

$$p = \frac{\text{plage de mesure}}{2^n}$$

Échantillonnage Pour convertir un signal analogique en signal numérique, on a recours à un échantillonnage, ce qui consiste à relever la valeur du signal à intervalle de temps régulier. Cet intervalle de temps est appelé période d'échantillonnage, son inverse est appelé fréquence d'échantillonnage.

Diminuer la période d'échantillonnage, ou de façon équivalente augmenter la fréquence d'échantillonnage, permet d'améliorer la qualité du signal numérisé. Cela s'accompagne automatiquement d'une augmentation du nombre de points de mesure.

Exprimé autrement, la période d'échantillonnage va être la plus petite grandeur accessible en abscisse d'un enregistrement montrant le signal mesuré en fonction du temps. En zoomant sous Latis Pro on peut faire apparaître cette période d'échantillonnage (le signal change à des intervalles de temps visibles).

Bilan sur le CAN Un convertisseur analogique-numérique (CAN) est donc caractérisé par :

— sa plage d'entrée en tension (valeurs extrêmes de tensions convertibles) ;
— sa résolution (nombre de valeurs discrètes qu'il peut produire) ;
— son pas (plus petite valeur de tension convertible) ;
— son temps de conversion (durée nécessaire pour convertir un échantillon de tension, donc si le CAN est très rapide ou pas), qui doit être inférieur à la période d'échantillonnage de l'échantillonneur-bloqueur, dont la valeur a quelque chose à voir avec la période du signal.

Octet Un octet correspond à huit bits.

Codage RVB Il s'agit d'un système de représentation des images en imprimerie et sur nos écrans, basée sur la synthèse additive de trois couleurs primaires rouge, verte et bleue. On peut donner l'illusion de n'importe quelle teinte par une combinaison de ces trois couleurs avec en général des intensités relatives qui varient entre 0 et 255 niveaux, dans le cas d'un codage sur 8 bits, c'est-à-dire en $2^8 = 256$ niveaux.

Image La résolution de l'image est le nombre de pixels par unité de longueur. Elle s'exprime en ppp (point par pouce) ou dpi (dot per inch). Le pouce (inch en anglais) vaut 2,54 cm environ. En général, on donne la taille des diagonales d'un écran en inch (symbole ”).

Chapitre 21

Transmission

Débit binaire Le débit binaire D est le nombre de bits transférés par unité de temps. Il s'exprime en $\text{bit} \cdot \text{s}^{-1}$ ou bps et est donné par la relation :

$$D = N \cdot n \cdot f_e$$

avec N, nombre de signaux ; n, nombre de bits utilisés et f_e, fréquence d'échantillonnage (en Hz).

Plus le débit binaire est important, plus le signal numérique transmis contient d'informations.

Transmission Si l'on transmet n bits pendant la durée Δt, le débit D s'exprime par :

$$D = \frac{n}{\Delta t}$$

Atténuation L'atténuation d'un signal est l'affaiblissement de l'amplitude du signal au cours de la transmission :

$$A = 10 \log \frac{P_e}{P_s}$$

où on note P_e la puissance du signal à l'entrée et P_s sa puissance à la sortie du guide. Le coefficient d'atténuation linéique α, en $\text{dB} \cdot \text{m}^{-1}$, est défini par :

$$\alpha = \frac{A}{L}$$

Stockage Les CD, les DVD et les blu ray sont des supports de stockage d'information qui sont basés sur la réflexion et les interférences d'un faisceau lumineux

sur une surface en plastique plus ou moins réfléchissante, permettant de représenter des O et des 1 d'un signal numérique binaire.

Les trois supports n'ont pas la même capacité, ni la même longueur d'onde de la diode laser utilisée pour la lecture : la capacité de chaque disque est limitée par le phénomène de diffraction, et l'emploi de lasers de longueur d'onde de plus en plus courte a permis d'accroître la capacité de stockage.

Chapitre 22

Science et société

Une base empirique L'histoire des sociétés montre que la science a acquis « droit de cité » lorsqu'elle a donné aux faits techniques établis de façon empirique une base conceptuelle Universelle permettant de les comprendre, d'en formaliser la théorie pour la réinvestir de façon efficiente.

Des défis Si l'on excepte un changement radical des modes de vie, l'activité scientifique et ses applications technologiques s'avèrent être des réponses crédibles aux défis posés à l'Homme : économiser les ressources et respecter l'environnement, synthétiser des molécules et fabriquer de nouveaux matériaux, transmettre et stocker l'information.

⁂